നിർണയിക്കുക. മനുഷ്യവർഗത്തിന്റെ അതിജീവനം ഒരുപക്ഷേ, ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കാര്യങ്ങളെ നേർവഴിക്കു തിരിച്ചുവിടാൻ ശ്രമിക്കുന്നതിനു് നമുക്കു തലമുറകളുടെ കാലമില്ല, ഏതാനും വർഷങ്ങളെ ഉള്ളൂ. ഭൂമിക്കു നേരിട്ടിരിക്കുന്ന വിപത്തിനെപ്പററിയും അതു പരിഹരിക്കേണ്ടതിന്റെ അടിയന്തരാവശ്യത്തെപ്പററിയും ഓരോ വ്യക്തിയും അറിയണം. സാധാരണജനങ്ങൾ അവരുടെ ജീവിതശൈലികളിൽവേണ്ട പൊരുത്തപ്പെടുത്തലുകൾ ചെയ്യാലല്ലാതെ ഭൂമിയെ രക്ഷിക്കാനുള്ള ശ്രമം വിജയിക്കുകയില്ല. ധൂർത്തും അശ്രദ്ധയും നിറഞ്ഞ നമ്മുടെ ജീവിതസമ്പ്രദായം മാറണം. നാം കൂടുതൽ വസ്തുക്കൾ പുനരുപയോഗിക്കണം, സന്താനോൽപാദനം കുറയ്ക്കണം, വേണ്ടാത്തപ്പോൾ വിളക്കുകൾ കെടുത്തണം, പൊതുവാഹനങ്ങളിൽ യാത്രചെയ്യണം, നിത്യജീവിതത്തിൽ ഒരായിരം കാര്യങ്ങൾ ഇന്നത്തേതിൽനിന്നു വ്യത്യസ്തമായി ചെയ്യണം. നമുക്കു് നമ്മളോടോ നമ്മുടെ കുട്ടികളോടോ ഉള്ള ബാദ്ധ്യത മാത്രമല്ല ഇതു്; ഒരു ദിവസം ഈ ഭൂമിയുടെ അവകാശികളാകാൻപോകുന്ന, പിറക്കാത്ത, തലമുറകളോടു നമുക്കുള്ള ബാദ്ധ്യതകൂടിയാണു്".

16 ജനുവരി, 1989

37. അണുസംയോജനത്തിലൂടെ വിദ്യുച്ഛക്തി

പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ ഭൗതികവസ്തുക്കളും പരമാണുക്കളാൽ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഏറെക്കുറെ സ്ഥിരമായി, മാററമില്ലാതെ നിലകൊള്ളുന്നവയാണു പരമാണുക്കൾ. അവയിലെല്ലാം ഒരു കേന്ദ്രവും കേന്ദ്രത്തിനു ചുററുമായി ഏതാനും ഇലക്ട്രോണുകളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. പ്രോട്ടോൺ എന്നും ന്യൂട്രോൺ എന്നും രണ്ടുതരം വ്യത്യസ്ത കണങ്ങൾ എല്ലാ അണുകേന്ദ്രങ്ങളിലുമുണ്ടു്. പ്രോട്ടോണുകൾ ധനവൈദ്യുതാധാനം (പോസിററീവ് ചാർജ്) ഉള്ളവയും ഇലക്ട്രോണുകൾ ഋണവൈദ്യുതാധാനം (നെഗററീവ് ചാർജ്) ഉള്ളവയുമാണു്. ന്യൂട്രോണുകളിൽ രണ്ടുതരം വൈദ്യുതാധാനവും ഇല്ല (ന്യൂട്രൽ). അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണമാണു് ഭൗതികവസ്തുക്കളുടെ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ രാസഗുണങ്ങൾക്കു നിദാനം. ഹൈഡ്രജന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു പ്രോട്ടോൺ മാത്രമേയുള്ളു. പ്ലൂട്ടോണിയത്തിന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ഇരുനൂററിമുപ്പത്തൊമ്പതു് പ്രോട്ടോണുകളുണ്ടു്. പ്ലൂട്ടോണിയംപോലെയുള്ള വസ്തുക്കളുടെ കനത്ത അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ തനിയെ പിളരുന്നവയാണു്. അങ്ങനെ പിളരുമ്പോൾ കുറെ ഊർജം അണുകേന്ദ്രത്തിൽനിന്നു പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. അണുരശ്മിപ്രസരണം (റേഡിയോ ആക്ററിവിററി) എന്നു് അറിയപ്പെടുന്നതു് ഈ പ്രതിഭാസമാകുന്നു.

കനത്ത അണുകേന്ദ്രങ്ങളുള്ള തോറിയം, യുറേനിയം, പ്ലൂട്ടോണിയം എന്നിവപോലെയുള്ള പദാർത്ഥങ്ങൾ ഒരു നിശ്ചിത അളവിൽ ഒന്നിച്ചു ചേർത്തുവെച്ചാൽ അവയിലെ അണുകേന്ദ്രങ്ങളിൽ സ്വാഭാവികമായുണ്ടാവുന്ന വിഘടനത്തെ ശൃംഖലാപ്രതിപ്രവർത്തനരീതിയിൽ ത്വരിപ്പിച്ചു് വലിയ പൊട്ടിത്തെറി ഉണ്ടാക്കാൻ കഴിയും. അത്തരം പൊട്ടിത്തെറികളിൽനിന്നു് അപരിമിതമായ ഊർജം ബഹിർഗമിക്കും; അതു വലിയ നാശം ഉളവാക്കുകയുംചെയ്യും. അണുകേന്ദ്രശക്തി ഉപയോഗിച്ചു് ഉണ്ടാക്കിയ വിസ്ഫോടനങ്ങളിൽ ഏററവുമധികം മനുഷ്യശ്രദ്ധ ആകർഷിച്ചവ 1945 ആഗസ്റ്റ് 6–ാം തീയതി ഹിരോഷിമയിലും മൂന്നു ദിവസം കഴിഞ്ഞു് ആഗസ്റ്റ് 9–ാം തീയതി നാഗസാക്കിയിലും അമേരിക്ക പ്രയോഗിച്ച അണുബോംബുകളുടെ വിസ്ഫോടനങ്ങളാണു്.

ഇഷ്ടപ്രകാരം നിയന്ത്രിക്കാവുന്ന അളവിൽ നിരന്തരമായി അണുവിസ്ഫോടനം ഉളവാക്കുകയും അതിൽനിന്നുളവാകുന്ന ഊർജം ആദ്യം താപശക്തിയായും പിന്നീ

ട് വൈദ്യുതിയുമായി മാററുകയുംചെയ്യാവുന്നതാണ്. ഇങ്ങനെ ആററമിക് റിയാക്ടറുകൾ ഉപയോഗിച്ച് അണുവൈദ്യുതി ഇപ്പോൾ പല രാജ്യങ്ങളിലും നിർമിച്ചു വരുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ, അണുവൈദ്യുതീനിർമാണം തികച്ചും സുരക്ഷിതമല്ല. അമേരിക്കയിൽ ത്രീ മൈൽ ഐലൻഡ് എന്ന സ്ഥലത്തും സോവിയററ് യൂനിയനിൽ ചെർണോബിൽ എന്ന സ്ഥലത്തും അണുവൈദ്യുതീനിലയങ്ങളിൽ വലിയ അപകടങ്ങൾ ഉണ്ടായി. അണുവൈദ്യുതീനിലയങ്ങളിൽനിന്ന് അണുപ്രസരണമുള്ള ഒട്ടേറെ മലിനവസ്തുക്കൾ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നുണ്ട്. ജീവമണ്ഡലത്തിനു ശാശ്വതമായ ദ്രോഹംചെയ്യുന്ന ഈ മലിനവസ്തുക്കളെ എങ്ങനെ കൈകാര്യംചെയ്യാമെന്ന് ഇതുവരെ അറിയപ്പെട്ടിട്ടില്ല. അണുവൈദ്യുതീനിലയങ്ങളുണ്ടാക്കാൻ വളരെ ചെലവുണ്ട്. മുപ്പതോ നാല്പതോ വർഷംകൊണ്ട് ഇവ നിരുപയോഗങ്ങളാവുകയും ചെയ്യും. ഇക്കാരണങ്ങളാൽ, അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ പിളർന്ന് അവയിൽനിന്ന് ഉറന്നൊഴുകുന്ന ഊർജം വൈദ്യുതിയാക്കി മാററുന്നതു വിവേകമല്ല എന്ന ധാരണ പരന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്.

പ്രകാശത്തിന്റെയും താപത്തിന്റെയും രൂപത്തിൽ അനന്തമായ ഊർജം സൂര്യനിൽനിന്നു ചുററും പ്രസരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സൂര്യൻ ഒരു വാതകഗോളമാണ്. സൂര്യനിൽ 69.5 ശതമാനവും ഹൈഡ്രജൻ എന്ന വാതകമാകുന്നു. സൂര്യമണ്ഡലത്തിലുള്ള അത്യുഗ്രമായ താപംനിമിത്തം രണ്ട് ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളുടെ കേന്ദ്രങ്ങൾ ഉരുകിച്ചേർന്ന് ഒരു ഹീലിയം പരമാണുകേന്ദ്രം ആയിത്തീരുന്ന പ്രക്രിയ അവിടെ നിരന്തരം നടക്കുന്നു. ഈ അണുസംയോജനപ്രക്രിയയിലും ഒട്ടുവളരെ ഊർജം ബഹിർഗമിക്കുന്നുണ്ട്. സൂര്യനിലുള്ള ഊർജത്തിന്റെ പ്രഭവം ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കൾ ചേർന്ന് ഹീലിയം അണുക്കളായി മാറുന്ന ഈ സംയോജന പ്രക്രിയയാകുന്നു. ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു പ്രോട്ടോണും ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രത്തിൽ രണ്ടു പ്രോട്ടോണുമാണുള്ളത് എന്ന കാര്യവും ഇവിടെ ഓർമിക്കേണ്ടതാണ്.

അണുസംയോജനത്തിലൂടെ ഊർജം ബഹിർഗമിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള മനുഷ്യപരിശ്രമത്തിന്റെ ഫലമാണ് ഹൈഡ്രജൻ ബോംബ്. രണ്ട് അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ സംയോജിച്ച് ഒരൊററ അണുകേന്ദ്രം രൂപംകൊള്ളണമെങ്കിൽ വൻതോതിൽ താപം അതിന് ആവശ്യമാണ് എന്നു പറഞ്ഞുവല്ലൊ. ഒരു ആററംബോംബ് പൊട്ടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന താപം ഉപയോഗിച്ച് അണുസംയോജനം നടത്തി ഊർജം പുറത്തെടുക്കുന്നതാണ് ഹൈഡ്രജൻ ബോംബിൽ നാം കാണുന്നത്. സംഹാരത്തിനല്ലാതെ, സൃഷ്ടിപരമായ കാര്യങ്ങൾക്ക് അണുസംയോജനത്തിലൂടെയുള്ള ഊർജ—ഉത്സർജനം ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നതിനുള്ള സങ്കേതവിദ്യ ഇനിയും മനുഷ്യനു കൈവന്നിട്ടില്ല

പക്ഷേ, ഈ സങ്കേതവിദ്യ മനുഷ്യനു വശഗമാകുന്ന കാലം അകലെയല്ലെന്നാണ് 1989 ഏപ്രിൽ 12—ാം തീയതി അമേരിക്കയുടെ തലസ്ഥാനമായ വാഷിങ്ടണിൽനിന്നുള്ള ഒരു പത്രവാർത്ത സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. അമേരിക്കയിലെ യൂട്ടാ സംസ്ഥാനത്തിലെ ആ പേരുള്ള യൂണിവേഴ്സിററിയിലെ ലാബറട്ടറിയിൽ വെച്ച് അണുസംയോജനത്തിലൂടെ താപോർജം ഉല്പാദിപ്പിക്കുവാൻ സാധിച്ചതായി 1989 മാർച്ച് 23—ാം തീയതി പ്രഖ്യാപിക്കപ്പെട്ടു. യൂട്ടാ സർവകലാശാലയിലെ മി. സ്റ്റാൻലി പോൺസ്, ബ്രിട്ടനിലെ സതാംപ്ടൺ യൂണിവേഴ്സിററിയിലെ മി. മാർട്ടിൻ ഫ്ളെഷ്മൺ എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞരാണ് ഈ പരീക്ഷണം നടത്തിയത്. ഈ പരീക്ഷണം കഴിഞ്ഞു് ഒരാഴ്ചയ്ക്കുശേഷം താനും ഈ പരീക്ഷണം വിജയകരമായി നടത്തിയെന്ന് അമേരിക്കയിലെ ബ്രൈഘാംയങ് സർവകലാശാലയിലെ മി. സ്റ്റീഫൻ ജോൺസ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ അവകാശപ്പെട്ടു. ടെക്സാസിലെ ഒരു യൂണിവേഴ്സിററിയിലും ഈ പരീക്ഷണം നടന്നതായി പ്രഖ്യാപിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

പരീക്ഷണം എന്തെന്നല്ലേ? സാധാരണ വെള്ളത്തിൽ ആയിരത്തിൽ 1.4 ഭാഗത്തോളം 'ഘനജലം' (ഹെവി വാട്ടർ) ആണ്. സാധാരണ ജലത്തിൽക്കാ

ണ്ടുന്ന ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളുടെ സ്ഥാനത്ത് അവയുടെ രണ്ടിരട്ടി ഭാരമുള്ള ഡ്യൂട്ടീരിയം പരമാണുക്കളാണ് ഘനജലത്തിൽ ഉണ്ടാവുക. സാധാരണ ജലത്തിൽ നിന്നു ഘനജലം വേർതിരിച്ചെടുത്തു പല ആവശ്യങ്ങൾക്കും ഉപയോഗപ്പെടുത്തി വരുന്നുണ്ട്.

ഘനജലം നിറച്ച ഒരു കുപ്പിയിൽ രണ്ട് ഇലക്ട്രോഡുകൾ (വൈദ്യുതി പ്രവേശിപ്പിക്കുകയോ നിഷ്ക്രമിപ്പിക്കുകയോചെയ്യുന്ന ലോഹഖണ്ഡുകൾ) സ്ഥാപിച്ചശേഷം ഇവയ്ക്കിടയിലൂടെ വൈദ്യുതി കടത്തിവിടുകയായിരുന്നു യൂട്ടാ സർവകലാശാലയിലെ പരീക്ഷണം. കുറെ ദിവസം ഇങ്ങനെ വൈദ്യുതി കടത്തിവിട്ടപ്പോൾ 'പല്ലേഡിയം' എന്ന ലോഹംകൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയ ഒരു ഇലക്ട്രോഡിൽ അസാധാരണമാംവിധം ചൂട് ഉണ്ടാവാൻ തുടങ്ങി. കുപ്പിയിലേക്ക് അയച്ച വൈദ്യുതികൊണ്ട് ഉണ്ടാകാവുന്ന ചൂടിന്റെ നാലിരട്ടി ചൂട് അതിൽ കാണപ്പെട്ടു. പിന്നീട് ഈ ഉപകരണം ആകെ ചൂടുകൊണ്ട് ഉരുകിപ്പോയി. ഘനജലത്തിലെ ഏതാനും ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കൾ പരസ്പരം സംയോജിച്ചതുകൊണ്ടാണ് ഇത്രയും താപോർജമുണ്ടായത് എന്നായിരുന്നു ഈ പരീക്ഷണം നടത്തിയ മി. പോൺസിന്റെയും മി. ഫ്ളൈഷ്മന്നിന്റെയും നിഗമനം.

ഈ നിഗമനം ശരിയെങ്കിൽ, ഘനജലത്തിൽ വൈദ്യുതി കടത്തി സാധാരണ ലബറട്ടറിയിലെ താപനിലയിൽത്തന്നെ ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളെ സംയോജിപ്പിച്ച്, ഈ സംയോജനത്തിൽനിന്ന് ഉളവാകുന്ന താപോർജം വൈദ്യുതിയാക്കി മാറ്റുന്നതിനുള്ള യന്ത്രസംവിധാനം ഉണ്ടാക്കുക പ്രയാസമല്ല. ഘനജലം ലോകത്തിലെങ്ങും അത്യന്തം സുലഭമായ ഒരു വസ്തുവാകയാൽ ഊർജനിർമാണത്തിനാവശ്യമായ ഇന്ധനം ഒരിക്കലും ഒരു പ്രശ്നം ആവുകയില്ല. അണുസംയോജനത്തിൽനിന്ന് ഒരുതരം മാലിന്യവും ഉണ്ടാകാത്തതിനാൽ മലിനപദാർഥങ്ങൾ എവിടെ കളയുമെന്ന പ്രശ്നവും ഉത്ഭവിക്കുന്നില്ല. ഇതിനർഥം, മനുഷ്യർക്ക് ആവശ്യമുള്ളത്ര വൈദ്യുതി ചുരുങ്ങിയ ചെലവിൽ എന്നെന്നേക്കും ലഭ്യമാവുമെന്നാണ്. വായുപോലെ വൈദ്യുതിയും ആർക്കും എവിടെയും സൗജന്യമായാലത്തെ സ്ഥിതി എന്തായിരിക്കും?

അമേരിക്കൻ പ്രസിഡണ്ടിന്റെ സയൻസ് ഉപദേഷ്ടാവായിരുന്ന ഡോ. വില്യം ഗ്രഹാം യൂട്ടാപരീക്ഷണത്തെ വിവരിച്ചതു് 'പ്രാധാന്യംകൊണ്ടു ഭൂമിയെ പ്രകമ്പനംകൊള്ളിക്കുന്നതു്' എന്നായിരുന്നുവത്രെ. കടൽവെള്ളത്തിൽനിന്ന വൈദ്യുതി ഇഷ്ടംപോലെ കിട്ടുമെങ്കിൽ കൽക്കരിയും എണ്ണയും വിറകും എല്ലാം അപ്രസക്തങ്ങളായിത്തീരും.

യൂട്ടായിലെ പല്ലേഡിയം ഇലക്ട്രോഡ് ചൂടുപിടിച്ചതിനു വേറെ വല്ല രാസപ്രവർത്തനങ്ങളും കാരണമായിക്കൂടെന്നില്ല. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ അണുസംയോജന പരീക്ഷണങ്ങൾ മറ്റുവിധത്തിൽ എത്രയോ കാലം തുടർന്നു നടത്തേണ്ടതായുംവരാം. യൂട്ടാപരീക്ഷണം നിർണായകമല്ല. അനേകായിരം ലാബറട്ടറികളിൽ ആവർത്തിച്ചുനടത്തി ഫലം കണ്ടാലേ ഈ പരീക്ഷണം ഒരു വിജയമാണെന്നു പറയാൻ കഴിയൂ.

മി. പോൺസും മി. ഫ്ളൈഷ്മന്നും അവകാശപ്പെടുന്നതുപോലെ, ഘനജലത്തിൽ വൈദ്യുതി കടത്തി ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളുടെ സംയോജനം സാധിക്കാമെന്നുവന്നാലോ? എങ്കിൽ, അതു് മനുഷ്യചരിത്രത്തിൽ പുതിയ ഒരു അധ്യായത്തിന്റെ പ്രാരംഭമായിരിക്കും.

നമുക്കു കാത്തിരുന്നു കാണാം.

15 ഏപ്രിൽ, 1989